

## ELEKTRİKLİ YERKAZIMAKİNALARININ KAZI GÜCÜ ETKİLEYİCİLERİ VE KARŞILAŞTIRMA ÖLÇÜTLERİ

**Excavating Power Parameters of Electrical Earthmoving Equipment and Comparison Criteria**

Metin ÖZDÖĞAN<sup>0</sup>

### ÖZET

**Bu** yazıda açık maden işletmesi elektrikli yer kazı makinaları için makina ve kazı yeteneği etkileyicileri tanımlanmış ve açıklanmıştır. Eşdeğer kapasiteli yer kazılar için karşılaştırma ölçütleri ve bunların seçiminde gözönünde bulundurulması gereken hususlar tartışılmıştır. Türk açık kömür işletmelerinde çalışan bazı elektrikli yer kazar ve dragline'ların kazı yetenek etkileyicileri sunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler** : Elektrikli Yer kazar, Dragline, Kazı Yeteneği Etkileyicileri, Karşılaştırma Ölçütleri

### ABSTRACT

in this paper, equipment and digging capability parameters of electrical open cast mining excavating equipment are defined and given. Criteria for comparison of the equipment of the same capacity and the points to be considered in the selection of these equipment are discussed. Equipment and digging capability parameters of some electrical excavators and draglines operating at some Turkish open cast mines are presented.

**Key Words** : Electrical Excavator, Dragline, Digging Capability Parameters, Comparison Criteria

## GİRİŞ

İşletmenin üretim programı, ömrü ve kaya birimlerinin özelliklerine göre gerek duyulan yerkazı makmasının kepçe kapasitesi ve çalışma boyutları saptandıktan sonra, işin en güç yanlarından biri, pazardaki benzer model ve eş kapasitedeki çeşitli makinalar arasından hangisinin seçilip satın alınacağına karar vermektir.

Aşağıda verilen makina kazı etkileyicileri (parametreleri), kaya birimleri özellikleri de gözönüne alınarak, çeşitli marka ve model elektrikli açık işletme maden makinalarının karşılaştırılıp seçiminde yararlı olmaktadır. Bu etkileyiciler, makinaların aynı ölçütte karşılaştırılmasında kullanılabilir.

## 2. MAKİNA BAŞARIMI

### 2.1. Makina Başarım Eğrileri

Kazı makinalarının ana hareket sistemlerinin başarım (performans) eğrileri incelenmelidir. Bunlar elektrikli yerkazarlarda kaldırış (hoist), kakış (crowd) ve döndürüş (swing); dragline'lerde ise çektiş (drag), kaldırış, döndürüş düzeneği başarım eğrileridir. Bu eğriler her hareket sisteminin çeşitli tuzlardaki kazı kuvvetini gösterir. Makina çalışma sırasında kayıplar nedeniyle, bu eğrilerde verilen en yüksek anma kuvvetlerinin ancak %70'ine ulaşılabilir (Anon. (a), 2001). Erdem (1999) yaptığı çalışmada, bu eğrilerde verilen kuvvetlerin en yüksek değerlerini kullanmıştır.

### 2.2. Makina Kazı Döngüsü

Makinanın kazı döngü süresi,  $s$ , (cycle time) diğer önemli bir etkileyici olup makinanın üretim yeteneğini doğrudan etkiler. Makina yapımcılarının, 90 derecelik dönüş açısı için verdiği kazı döngüsü değerleri karşılaştırılmalıdır. Eşdeğer kapasiteli yerkazarların benzer koşullarda ve yakın kaya birimlerine sahip işletmelerde başardıkları kazı döngüsü verilerinin alınıp değerlendirilmesi de yol gösterici olabilmektedir. Eşdeğer kapasitedeki makinalardan kazı döngüsü kısa olanlar yeğlenmelidir. Çünkü daha kısa kazı

döngü süresi, daha çok birim üretim hızı,  $m^3/s$ , demektir. Makinanın kazı döngü süresi, yine yukarıda belirtilen ana devinin bileşenlerinin birim hızları ile,  $m/s$ , ilişkilidir. Söz gelimi, döndürüş, kaldırış, kakış, çektiş düzeneklerinin birim hareket hızı göreceli olarak yüksek ise makinanın kazı döngüsü daha kısa sürede gerçekleşecektir. Yeni kuşak büyük kapasiteli ( $45-55m^3$ ) elektrikli yerkazarların, kazı döngülerini kısaltmak için makina üçüncü bir döndürüş motoru ile donatılmaktadır (Binns, 2002). Bazı TKİ dragline ve elektrikli yerkazarların kazı döngü süreleri Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir.

## 3. MAKİNA KAZIŞ, KOPARIŞ VE SAPLANIŞ YETİSİ

### 3.1. Özgül Makina Kazı Gücü

Özgül makina kazı gücü, makinanın toplam kurulu motor gücünün kepçe kapasitesine oranı,  $HP/m^3$ , olarak tanımlanır. Bu oran kazı gücü yeteneğinin bir göstergesidir (Anon (a), 2001). Eşdeğer makinalardan bu oranı yüksek olanlar yeğlenmelidir. Makina gevşetilmiş basamakta çalışacak olsa bile, bu oranın yüksekliği iyidir; daha az özgül patlayıcı tüketimi gerektirir, kayaç birimlerinde karşılaşılabilecek değişikliklere uyum sağlayabilir ve kazı döngüsünün uzamamasını sağlar.

### 3.2. Özgül Makina Koparış Gücü

Makinanın özgül koparış (breakout) gücü hakkında fikir edinmek için dragline yerkazarlarda özgül çektiş motor gücü,  $HP/m^3$ , elektrikli yerkazarlarda ise özgül kaldırış motor gücü,  $HP/m^3$ , incelenmelidir. Yerkazı makinasının kazı basamağında malzeme koparış gücü bu değerle doğrudan ilintilidir (Anon (a), 2001). Bu değeri görece yüksek olan makinalar yeğlenmelidir. Basamak lağımlanmış olsa bile, kepçe doluş süresini kısaltır, yer yer rastlanabilecek basamağın gevşememiş kesimlerinde yararlı olabilir.

### 3.3. Makina Kepçesi Özgül Saplanış Kuvveti

Özgül saplanış (penetrasyon) kuvveti, saplanış kuvvetinin kepçe ağız ya da kepçe dışı ağız

Çizelge 1. Bazı TKİ Dragline'larında Gevşetilmiş Kayaç Koparış Enerjileri Ölçüm Sonuçları (Özdoğan, 2002)

İşletme Adı ve Dragline Modeli	Kepçe Hacmi (m <sup>3</sup> )	Gözlem Sayısı	Kepçe Koparış Enerjisi (kWh)	Kepçe Dişi Ağız Eni (m)	Kepçe Dişi Sayısı (Adet)	Diş Ağız Eni Toplamı (m)	Özgül Kepçe Koparış Enerjisi (kWh/m)
Tunçbilek 49-A Pano P&H 736	15,30	59	2,38+0,77	0,21	5	1,03	2,30+0,75
Milas-Sekköy P&H 752	24,48	47	3,11±1,84	0,25	5	1,25	2,49±1,48
Tunçbilek Y-4 Pano M7820	30,60	133	4,97±1,08	0,25	5	1,26	3,95±0,86
Yatağan M8050G	49,73	68	2,62+0,63	0,31	6	1,86	1,41+0,34
Seyitömer M8050W	53,55	40	4,57±2,71	0,37	6	2,22	2,06±1,22

enleri toplamına bölümüdür. Kepçenin kazılacak malzemeye saplanma kuvvetini gösterir; birimi kN/m'dir. Dragline yerkazarda kepçe ağırlığı, elektrikli yerkazarda ise kakış motorunun gücü kepçe saplanış kuvvetini belirler. Seçilecek makinaların bu değerleri karşılaştırılmalıdır. Gevşetilmiş basamakta da saplanış kuvvetinin yüksekliği yararlı olup istenilen kazı derinliğinin denetimini sağlar.

### 3.4. Makina Kepçesi Özgül Koparış Kuvveti ve Enerjisi

Özgül koparış kuvveti, Wade ve Clark (1989) tarafından elektrikli maden yerkazarları için önerilmiştir. Christoph (1991), hidrolik yerkazar ve yükleyiciler için benzer bir yaklaşım önermiştir. Erdem (1999), aynı yaklaşımla örtükazı ekipmanlarının kazı gücü bazında sınıflandırmasını yapmıştır. Dragline yerkazarın çektiriş düzeneği başaram eğrisinden yararlanarak hesaplanan kazı kuvvetinin, kN, dragline kepçesi ağız enine bölümü ile bulunur. Birimi kN/m olup özgül koparış kuvveti olarak adlandırılır. Wade ve Clark (a) (1989) göre dragline kepçesinin ağız eni bilinmiyorsa, kepçe hacminin küp kökü alınarak bulunan sayı da kullanılabilir. Wade ve Clark (1989), koparış kuvvetini, çektiriş kuvvetinin en yüksek değerinin % 50 sini alarak hesaplamıştır. Erdem (1999), çalışmasında bu kuvvetlerin en yüksek

değerlerini almıştır. Oysa elektrikli yerkazı ekipmanı yapımcıları bunu %70 olarak kabul etmektedirler (Anon (a), 2001). Kanımızca, kepçe ağız eni değil, bu ağıza takılan dişlerin kazılacak kayaca değen uçlarının toplam eni alınmalıdır. Kepçe koparış kuvvetinin diş uç enleri toplamına bölümü ile elde edilen sayı makina özgül koparış kuvvetini daha iyi yansıtmaktadır (Özdoğan, 2002).

Elektrikli yerkazarın özgül koparış kuvveti ise, makinamn kaldırış eğrisinden yararlanıp aynı yöntemle hesaplanabilir.

Makinamn özgül koparış kuvvetinin kepçe ağız eni yerine kepçe hacmine bölünerek, kN/m<sup>3</sup>, hesaplanabileceğini de önermekteyiz. Seçimi söz konusu makinaların özgül koparış kuvvetleri, kN/m ve/veya kN/m<sup>3</sup>, kWh/m veya MJ/m olarak karşılaştırılmalıdır.

Özgül koparış kuvvetini makina yer kazarken ölçmek kolay değildir. Bunun yerine özgül koparış enerjisi kavramı önerilmektedir (Özdoğan, 2002). Bazı TKİ dragline'lerinde ölçülmüş ve toplam kepçe dişi ağız enlerine göre hesaplanmış özgül kepçe koparış enerjisi değerleri, Çizelge 1'de verilmiştir. Seyitömer'deki ölçümlerde kepçe dişleri çok körelmiş olduğundan bazı döngülerde kepçe malzemeye giremediği için operatör ikinci kez denemiştir. Milas'ta ise kazı basamağında bazı

Çizelge 2. Bâzi TKİ Dragline'larınm Karşılaştırma Göstergeleri (Ozdoğan, 2002)

İşletme Adı ve Dragline Modeli	Kepçe Hacmi (m <sup>3</sup> )	Çalışma Ağırlığı (ton)	Çalışma Yarıçapı (m)	Özgül Makina Kazış Gücü, (HP/m <sup>3</sup> )	Özgül Makina Çektiriş Gücü, (HP/m <sup>3</sup> )	Yürüyüş Hız Göstergesi (HP/ton)	Denge ve Sağlamlık Göstergesi (ton/m <sup>3</sup> )	MUF Göstergesi, (m x m <sup>3</sup> )	İndirgenmiş MUF Göstergesi (m <sup>3</sup> /ton)	K Göstergesi (tonxm)
Tunçbilek 49-A Pano P&H 736	15,30	1000	60	98	85	1,50	65	918	0,92	2520
Milas-Sekköy P&H 752	24,48	2000	84	123	106	1,50	82	2056	1,03	6636
Tunçbilek Y-4 Pano M7820	30,60	1700	70	98	85	1,76	56	2142	1,26	6020
Yatağan M8050G	49,73	2700	88	101	84	1,85	54	4376	1,62	11528
Seyitömer M8050W	53,55	2900	84	112	97	2,07	62	4498	1,55	11508

Çizelge 3. Bazı TKİ Dragline'larınm Gevşetilmiş Basamakta Kazış Enerjileri Ölçüm Sonuçları (Ozdoğan, 2002)

İşletme Adı Dragline Modeli ve Kapasitesi	Ana Motor Gücü (M-G set) (HP)	Kazış Döngüsü (k.d.)* (s)	Makina Kazış Enerjisi (kWh/k.d.)	İndirgenmiş Kazış Enerjisi (kWh/s/k.d.)	Makina Özgül Kazış Enerjisi (kWh/m <sup>3</sup> /k.d.)	Çektiriş Motoru Enerji Tüketimi (kWh/k.d.)	Kaldırış Motoru Enerji Tüketimi (kWh/k.d.)	Döndürüş Motoru Enerji Tüketimi (kWh/k.d.)
Tunçbilek P&H 736 15,30 m <sup>3</sup>	1500	67,63 ±3,74	10,16 ±0,07	0,15 ±0,01	0,66 ±0,04	5,25 ±0,52	4,60 ±0,25	0,31 ±0,02
Milas P&H 752 24,48 m <sup>3</sup>	3000	61,97 ±12,35	21,43 ±5,50	0,34 ±0,03	0,87 ±0,23	10,48 ±2,81	9,09 ±2,36	1,86 ±0,49
Tunçbilek M7820 30,60 m <sup>3</sup>	3000	76,21 ±10,14	22,27 ±4,65	0,30 ±0,05	0,73 ±0,15	10,50 ±1,71	10,70 ±3,52	1,08 ±0,15
Yatağan M8050G 49,73 m <sup>3</sup>	5000	55,81 ±10,86	23,01 ±1,52	0,39' ±0,05	0,46 ±0,03	9,35 ±0,73	12,36 ±1,19	1,30 ±0,23
Seyitömer M8050W 53,55 m <sup>3</sup>	6000	64,50 ±2,12	34,03 ±2,15	0,53 ±0,05	0,64 ±0,04	15,94 ±0,30	16,15 ±1,66	1,95 ±0,18

\* k.d.:kazı döngüsü

Çizelge 4. Bazı TKİ Elektrikli Yerkazarların İyi Gevşetilmiş Kazı Basamağında Özgül Kazış Enerjileri, (Ceylanoğlu, 1991)

İşletme Adı Yerkazar Modeli	Kepçe Hacmi (m <sup>3</sup> )	Makina Kazış Döngüsü (S)	Kepçe Doluş Süresi (s)	Makina Kazış Enerjisi (kWh/k.d.)*	indirgenmiş Kazış Enerjisi (kWh/s/k.d.)*	Makina Özgül Kazış Enerjisi (kWh/m <sup>3</sup> /k.d.)*
Tunçbilek 1900AL	7,65	23,50	7,00	1,44	0,06	0,21
Tunçbilek2300XP	15,30	30,50	6,67	2,05	0,07	0,15
Tunçbilek191M	11,48	24,13	5,50	1,29	0,05	0,11
Milas2100BL	11,48	25,25	7,75	1,72	0,07	0,18
Yatağan2100BL	11,48	29,00	6,80	1,84	0,06	0,18
Seyitömer1900AL	7,65	24,33	7,33	1,67	0,07	0,21

\* k.d.:kazı döngüsü

Çizelge 5. Bazı TKİ Elektrikli Yerkazarların Karşılaştırma Ölçütleri

işletme Adı ve Yerkazar Modeli	Kepçe Hacmi (m <sup>3</sup> )	Çalışma Ağırlığı (ton)	Çalışma Yarıçapı (m)	Toplam D.C.Motor Gücü (HP)	özümlü Makina Kazış Gücü (HP/m <sup>3</sup> )	özümlü Makina Koparış Gücü (HP/m <sup>3</sup> )	Yürüyüş Hız Göstergesi (HP/ton)	Denge ve Sağlamlık Göstergesi (ton/m <sup>3</sup> )	MUF Göstergesi (m x m <sup>3</sup> )	indirgenmiş MUF Göstergesi (mx m <sup>3</sup> /ton)
1900AL	7,65	379	16,15	1280	168	79	3,38	49	124	0,33
2100BL	11,48	486	20,04	1585	138	62	3,26	42	234	0,48
191M	11,48	438	20,41	1765	154	71	4,03	38	234	0,53
2100BLE	13,00	495	20,04	1955	150	68	3,95	38	261	0,53
2300XP	15,30	715	21,54	2655	174	88	3,71	47	330	0,46

döngülerde karşılaşılan gevşememiş kesimlerin standart sapmalarının yüksek olmasında etkisi olmuştur.

Özgül koparış enerjisinin birimi Kwh/m ya da MJ/m cinsinden verilebilir.

#### 4. MAKİNA TORK GÖSTERGELERİ

Bu konuda yazılı kaynaklarda, özellikle dragline yerkazarlar için, iki gösterge kullanılmaktadır, Makina Kullanım Faktörü (MUF-Machine Utilization Factor) göstergesi (Woodruff, 1966 ve Chironis 1980) ve K-Göstergesi (Tork :Göstergesi) (Chironis, 1990). MUF-Göstergesi makinanın çalışma yarıçapı ile kepçe hacminin çarpımı olarak tanımlanıp ve  $m \times m^3$

olarak ifade edilir. K-Göstergesi ise makinanın çalışma yarıçapı ile en ağır yük kaldırma kapasitesinin (kanca yükü) çarpımı olup birimi  $m \times ton$  dur. Her iki gösterge de yerkazarın kurulu tork kapasitesini gösterdiğinden, eşdeğer makinalar arasında bu değerleri yüksek olanlar yeğlenmelidir. Çizelge 2' de bazı TKİ dragline'ların MUF ve K-Gösterge değerleri verilmektedir. MUF-Göstergesi yüksek olan makinaların, birim üretim hızları diğerlerine göre daha yüksektir (Özdoğan, 2002). Rai (2001) dragline dilim ve kazı basamağı tasarımına etki eden beş adet yerkazı makinası etkiyicisinden söz etmektedir: Bum uzunluğu, bum açısı, kazı yarıçapı, en yüksek kanca yükü ve kepçe kapasitesi. MUF ve K göstergeleri sayılan bu etkileyicilerin tümünü içermektedir. Bum uzunluğu ve açısı, kazı yarıçapının belirleyicisidir.

Chironis (1990), West Virginia Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde yapılan bir çalışmaya dayanarak indirgenmiş (nûrmalize edilmiş) MUF-GÖstergesinden söz etmektedir. Buna göre makinanın MUF-Göstergesi değerinin makinanın çalışma ağırlığına bölünmesiyle elde edilen sayıya indirgenmiş MUF-Göstergesi denilmekte olup birimi  $m \times mV/ton$  olmaktadır. İndirgenmiş MUF/Ağırlık oranının makinanın kazı yeteneğini gösterdiği belirtilmektedir. Bu oran ne kadar düşüğe (makina ne kadar ağırsa), makinanın kazı yeteneği o kadar yüksek olmaktadır. Yine yazıda belirtildiğine göre, bu oran eşdeğer makinaların karşılaştırılmasında kullanılabilir.

Makinaların MUF/Ağırlık oranı düşük olanları yeğlenmelidir. Bu oranın düşük olması, söz konusu makinanın eşdeğerlerine göre kaldırma kuvvetinin daha yüksek olduğu, dolayısıyla aynı yoğunlukta malzeme için daha büyük kapasiteli kepçe taşıyabileceği anlamına gelmektedir. Çizelge 2' de bazı TKİ dragline'larının, MUF-Göstergesi ve MUF/Ağırlık oranı ve K-Göstergesi değerleri görülmektedir. Çizelge 5'de ise bazı TKİ elektrikli yer kazılarının MUF-Gösterge ve MUF/Ağırlık oranı değerleri verilmiştir.

## 5. MAKİNA DENGE, YÜRÜYÜŞ VE ENERJİ TÜKETİM GÖSTERGELERİ

### 5.1. Makina Çalışma Ağırlığı / Kepçe Kapasitesi Oranı

Makinanın çalışma ağırlığının eşdeğer modellere göre daha ağır olması çok önemli olup bu makinalar yeğlenmelidir. Makina çalışma ağırlığının makina kepçe hacmine oranının yüksek olması,  $ton/m^3$ , makinanın çalışma dengesinin iyi olduğunu gösterir. Ayrıca, bu oranın yüksekliği makina sağlamlığının ve dayanıklılığının bir ölçütü olup ekonomik ömrün görece uzun olacağını bir göstergesidir (Anon (a), 2001). Bu nedenle eşdeğer kepçe kapasiteli makinalar arasından bu oranı yüksek olanlar seçilmelidir. Bazı TKİ elektrikli açık işletme ekipmanlarının çalışma dengesi oranları Çizelge 2 ve 5'de verilmiştir.

Ağır makinaların eylemsizlikleri nedeni ile daha yüksek döndürüş enerjisi gerektirdikleri düşünülebilir. Ancak makinaya ilk dönüş hareketi verildikten sonra, gerek eylemsizlik momentlerinin yüksekliği ve gerekse bir nevi makaralı rulman şeklindeki dönüş çemberleri üzerinde dönmeleri yüzünden bu söz konusu değildir. Ayrıca Ward-Leonard elektrik sisteminin bir özelliği olarak kepçe boşaltılıp makina geri dönüş yaptığında bir miktar elektrik üretilerek sisteme pompalanır. Arazide elektrikli yer kazılar ve dragline'larda yapılan ölçümler, makinaların dönüş sistemlerinin diğer hareketlere göre en az elektrik enerjisi tükettiğini göstermektedir (Hindistan, 1997) ve (Özdoğan, 2002).

### 5.2. Makina Toplam Motor Gücü / Makina Çalışma Ağırlığı Oranı

Bu oran, (HP / ton), makinanın yürüme hızı ölçütüdür. Bu oranı yüksek olan makinaların yürüme hızı göreceli olarak daha fazladır (Anon (a), 2001). Bu oranın makinanın yürüyüş motoru gücü gözönüne alınarak da hesaplanması mümkündür. Makinanın ağır olması bu oranı bir miktar düşürebilir. Ancak elektrikli maden makinaları çok sık yer değiştirmedikleri için bu o kadar önemli değildir. Bazı elektrikli yer kazı makinalarının bu değerleri için Çizelge 2 ve 5'de verilmiştir.

### 5.3. Makinanın Özgül Kazı Enerjisi

Özgül kazı enerjisi, makinanın bir kazı döngüsünde bir  $m^3$  kazı için tükettiği elektrik enerjisi olarak tanımlanır ve birimi  $kWh/m^3$  veya  $MJ/m^3$  dür. Makinanın enerji tüketimini kestirebilmek bakımından da önemli bir göstergedir. Kazı anındaki değerleri ancak makina kazı basamağında çalışmaya başladıktan sonra ölçmek olasıdır. Yine de seçim aşamasında, üretici firmadan boş kepçe kazı hareketinde ne kadar enerji tükettiği bir gösterge olarak ya da malzeme birim ağırlığına göre hesaplanmış veriler istenebilir. Ya da aynı model makinaların benzer malzeme ve çalışma koşullarında özgül kazı enerjileri gösterge olarak alınabilir. TKİ açık işletmelerinde çalışan bazı elektrikli ekipmanlara ait özgül kazı enerjileri Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir.

## 6. MAKİNA SEÇİMİNDE GÖZÖNÜNE ALINMASI GEREKEN DİĞER ETKENLER

Yerkazı makinası seçiminde işletmede çalışılacak kazı basamaklarının yük taşıma dayanımlarına göre makinanın birim alana düşen ağırlığı,  $\text{kg/cm}^2$ , Pa, gözönüne alınmalıdır. Makinanın zemine batmaması için, zemine basıncı, kayacın taşıma dayanımından küçük olmalıdır. Taşıma dayanımı düşük olan kayaçlar için, makinaların geniş palet seçenekleri bulunmaktadır.

Yerkazı makinası yapımcıları tarafından verilen standart kepçe kapasiteleri genellikle yerinde birim ağırlığı  $2,3 \text{ ton/m}^3$ , kabarma katsayısı 1,30 olan kayaca göre hesaplanmaktadır. Bu durumda kabarmış kayaç birim ağırlığı  $1,77 \text{ ton/m}^3$  olmaktadır (Grant, 2002). Bu nedenle, kazılacak malzeme, kabul edilen bu kayaçtan daha hafifse seçilen makinada daha büyük kepçe kullanılabilir. Makina yapımcısından kazılacak kayacın özelliklerine uyumlu kepçe üretilmesi istenmelidir.

Bu yüzden, kazılacak örtü katmanının yerinde ve gevşetilmiş ağırlıkları, aşındırıcılık özellikleri genel kabullerle değil, bizzat örtü katmanını temsil edecek sayıda ölçümler yaparak saptamalıdır. Bilindiği gibi jeolojik birimlerin özelliği gereği her madenin kayacı ve kayaç özellikleri kendine özgüdür.

Bu inceleme mevcut işletmelerde çalışmakta olan yerkazı makinaları için de yapılabilir. İşletmeler makinaların genellikle yapımcının standart kepçe kapasitelerine göre seçmektedir. Makinanın kanca kapasitesi ve kullanılan kepçenin ölü ağırlığına, kazılan kayacın yoğunluğuna, kabarma ve parçalanma özelliklerine göre daha büyükçe bir kepçe kullanılıp kullanılmayacağı araştırılabilir. Özellikle, kaya kepçeli makinanın, kömür kazıda kullanıldığı durumlarda bu inceleme mutlaka yapılmalıdır. Bilindiği üzere daha büyük kepçe kapasitesi, daha çok üretim demektir. Ünal ve Koç (2001), Kangal Kömür İşletmesinde  $49,73 \text{ m}^3$  kapasiteli dragline kepçesinin  $53,55 \text{ m}^3$  kapasiteli yenisiyle değiştirildiğini bildirmektedir. Yine aynı işletmede kömür

kazıda kullanılan elektrikli yerkazarların  $7,65 \text{ m}^3$  kapasiteli kaya kepçeleri  $15,30 \text{ m}^3$  kapasiteli kömür tipi kepçelerle değiştirilmiştir (Biliyul, 2002).

Yeni kuşak yerkazı makinalarında yük, üretim izleme, anza saptama vb. sayısal izleme düzenekleri genellikle makina donanımı ile birlikte verilmektedir. Sayısal teknolojilerdeki gelişmelerin nimetlerinden yararlanabilmek için bu tür donanıma da sahip yerkazı makinaları yeğlenmelidir.

## 7. SONUÇLAR

Yukarıda tartışılan etkileyiciler ve aralarındaki ilişkiler makinanın tasarım özellikleridir. Bunlar eşdeğer makinaların karşılaştırılmasında önemli olup yerkazı makinası seçiminde gözönünde bulundurulmalıdır. Bu etkileyici ve göstergelerin bir diğer yararı da, halen işletmelerimizde çalışan yerkazı makinalarının yetenekleri hakkında, çalışılan kaya birimlerinin özellikleri de gözönünde tutularak, bilgi edinmek ve özelliklerini irdelemek için de kullanılabilirlerdir.

- Elektrikli yerkazı makinalarının ekonomik ömrü süresi içinde kepçelerini bir veya iki defa değiştirme şansı doğabilir. Kaya birimlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri ayrıntılı olarak yeniden denenip, makinanın tork özelliklerinin kepçe kapasitesinin büyütülüp büyütülemeyeğine izin verip vermediği yapımcı firma ile birlikte incelenmelidir. Makinaların gizil bir artı kepçe kapasitesi varsa mutlaka yararlanılmalıdır.
- Makina edinme bedeli, teslim süresi, kredi olanakları, benzer kaya birimli işletmelerde kendini kanıtlamış olma durumu gibi diğer etkileyicilerle birlikte değerlendirilip eşdeğer makinalar arasından en uygun seçenek bulunmalıdır. Zira seçenekler içinde her göstergeli karşılayacak seçim yapmak mümkün olmayabilir.
- Hidrolik yerkazar ve yükleyici karşılaştırma ve seçiminde de bu etkileyici ve göstergelerden yararlanılabilir.

Makinaları aynı tabanda değerlendirmek için, kepçe kapasitesi ve çalışma ağırlığına göre indirgenmiş, özgül etkileyiciler kullanılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- Anon. (a), 2001; "P&H Mining Equipment Teknik Verileri", Milwaukee, USA.
- Biliyul, B., 2002; Kişisel görüşme, Demir Export A.Ş., Ankara.
- Binns, D., 2002; Kişisel görüşme, Harnischfeger U.K. Ltd., England.
- Ceylanoğlu, A., 1991; "Performance Monitoring of Electrical Power Shovel for Diggability Assessment in Surface Coal Mines", Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 228 s.
- Chironis, N.P., 1980; "Draglines: Kings of Strippers", Coal Age, January, s. 128-138
- Chironis, N.P., 1990; "Utilization Factors Help Estimate Diggability of Excavators", Coal Age, October, s. 58-59.
- Christoph, B.M., 1991; "Hydraulic Excavators and Wheel Loaders in Rock Quarrying" World Mining Equipment, September, s. 28-38.
- Erdem, B., 1999; "Örtükazı Ekipmanlarının Kazı Gücü Bazında Sınıflandırılması". Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi, Sayı 21, Ankara, s. 161-172.
- Grant, I., 2002; Kişisel görüşme, Harnischfeger U.K. Ltd., England.
- Hindistan, M.A., 1997; "Development of Computer Based Monitoring System and Its Usage for Power Shovel Monitoring". Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 139 s.
- Özdoğan, M., 2002; "Interactive Energy Consumption Parameters of Walking Draglines in Turkish Coal Mines" Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 143 s.
- Rai, P., 2001; "Use That Dragline! Considerations for Design and Planning of Dragline Pits", World Mining Equipment, November, <http://www.wme.com/features/nov2001/index.htm>
- Ünal, H.A ve Koç, İ., 2001; "Dragline Uygulamalarında Fırsat Maliyeti ve Demir Export A.Ş. Kangal Kömür İşletmesi'nde Bir Uygulama", Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, s.49-56.
- Wade, N.H. ve Clark, P.R., 1989 "Material Diggability Assessment for BWE Stripping of Plains Coal", International Journal of Surface Mining, s. 35-41
- Woodruff, S.D., 1966; "Methods of Working Coal and Metal Mines", Cilt 3, Pergamon Press, N.Y., USA.